

## 厳しい宇宙環境



原 宣一

はじめに

宇宙がどんなところかについてお話いたします。「行ったこともないのによく判るな」と言われれば、確かにそうですが、これからお話しすることは、これまでの宇宙に関して知りえた人類の知識の一部です。

宇宙と言っても、銀河の彼方までのことではなくて、地球の表面からほんの100Km程度以上離れたところの空間です。

地球を含めて宇宙ということもありますが、通常概念では地表の上は大気で覆われていて、その大気は上空に行くほど薄くなり、ついには空気がなくなると理解されています。そのような上のほうが宇宙であるということになっています。

実は、どこからが宇宙かは領土の上が領空で国の権利が及ぶ範囲であることから重要なのですが、国連でもまだ正式に決まっています。

1

先日、出来たばかりの宇宙基本法にも宇宙の定義がないのです。

しかし、高度100Km以上を宇宙と呼ぶことが一般になりつつあります。

最初に雑学を一つ伝授します。

中国の唐の時代に時の皇帝が漢字教育のために千字文というのを作らせています。漢字は千字どころでないのですが、同じ漢字を使わず4文字づつ250行並べて、ある程度意味の取れる千字の集まりにしたものです。日本のいろはみいたいものでしょう。

この千字文の始めの8文字が天地玄黄宇宙洪荒とあります。この8文字の意味は、「天は黒くて、大地は黄色をしている。宇宙は広くて荒涼としている。」というような意味です。

天と地の次に宇宙が出て来るのです。後のほうで海と言う文字も川と言う文字も出てきますが、中国は広大な大地と大空が目に見え浮かびます。まず宇宙は広大な空間です。

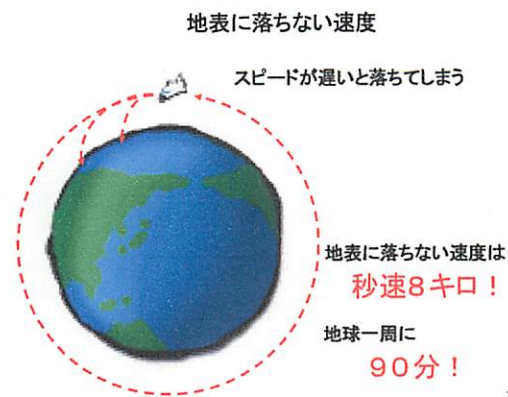
### 1. 真空であること

高度100Kmでもまだ薄い大気があるのですが、国際宇宙ス

テーションや人工衛星が飛ぶ高度300km以上になりますと殆ど真空です。

高度300km以上では超真空で、地上ではどのような真空ポンプを使っても宇宙に匹敵する真空度を達成することはできません。

宇宙ステーションやシャトルの進行方向の後ろ側は超高真空であると言われております。ただし、地上から持ち上げた物体から多少のガスが出ますので、それらを注意しなければなりません。



空気が無い「真空」だと。。。

今、自分がいる部屋の空気がなくなるとどうなるか。。。



真空ポンプで空気を抜いてみると。。。

2 真空である、物体には一切抵抗が働きません。従って、地球の周りを秒速8kmで回っている人工衛星は何時までも減速されませんので、人工衛星として存在できるのです。

今、ポテトチップスのパッケージが置いてある部屋の空気を抜いていったとします。するとそのパッケージには少し空気が入っていますから、パンパンに膨れていきます。もし、パッケージの強度が圧力差に耐えることができないとパンクしてしまいます。それではこの部屋に水の入ったコップが置いてあるとどうなるでしょうか。

部屋の空気が薄くなるということは気圧が下がるということです。水は100度Cで沸騰しますが、それは1気圧の場合です。気圧が低いと沸騰点がどんどん下がります。このことは富士山頂では水が70度Cぐらいで沸騰するので、圧力釜を使わないとおいしいご飯が炊けないということでも知られています。

さて、最初に水の温度が20度Cだったとしても、部屋の空気を抜いていくと、終には沸騰してしまいます。ここで、宇宙関係者でも間違つて理解している人がいるのですが、全部沸騰して蒸発してしまうわけではないのです。

水が蒸発するときには気化熱を奪うという、もう一つの物理現象があるのです。この蒸発熱が大きいので水は強制的に冷やされるのです。冷えた水は氷になってしまうのです。

氷も長い間では気化してしまいます。氷の固体から液体にならずに直接気化して気体になる現象を昇華といいます。

真空状態では液体の水は温度が0度Cから100度Cの間であつても液体としては存続し得ないのです。このことから、月の



表面では真空であることが判っていますので、液体の水は存在し得ないことが判ります。水が発見されたとしたならば、それは氷の状態の筈です。

## 2. 宇宙の温度は？

宇宙は暑いのでしょうか、それとも寒いのでしょうか。これも気になるところです。

しかし、正解は宇宙の温度は定義できないということです。温度と言うのは、物質の状態が気体、液体、固体、あるいはプラズマであれば、原子のランダムな運動の程度を言うものなのです。つまり、粒子の熱運動の大きさです。

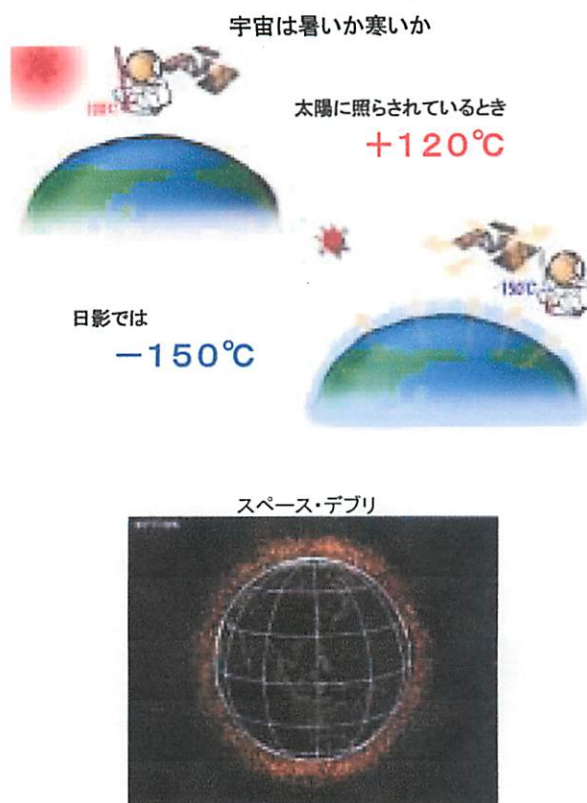
宇宙が暑いのも寒いものではありませんが、宇宙に出かけると地球近傍では太陽の熱を受けます。そのため、太陽に照らされている部分はどんどん暑くなって、宇宙機では表面が120度Cにもなります。

一方地球の陰に入りますと、宇宙は真つ黒でどんどん輻射で熱が奪われ冷えて行きます。宇宙機の表面はマイナス150度Cぐらまで下がります。つまり、宇宙に出て行くと暑くて寒いのです。高山に登りますと、日陰では涼しく日照を受けると極めて暑いことを経験しますが、この極端な状態であると考えればよいでしょう。

太陽光は地球周辺で1平方mあたり1.4KW位の熱エネルギーを放射しています。これがどの程度のものかは、4畳半の勉強

部屋で使う電気ストーブが600W程度であることから実感が得られるでしょう。

なお、地球の周りを比較的低い軌道で回る衛星の熱設計では熱入力として、太陽光線だけでなく、太陽光が地球の表面で反射したもの、そして地球自身が熱を持っていますので、地球からの輻射熱の3種類を考慮します。地球で反射する太陽光のことをアルベドと言います。



## 3. スペース・デブリ

宇宙環境で厄介な問題になったのがスペース・デブリです。人  
工物によるゴミですので、宇宙ゴミとも呼ばれています。

宇宙からは地上に落ちて隕石や宇宙塵と呼ばれる天然の星間物質の存在は昔から知られていて、宇宙機にぶつかればひとまわりもないことは判っていました。宇宙から降り注ぐ隕石は地球全体で、数値は忘れましたが、1日あたり何トンにもなると天文学者は報告しています。地表まで残るものは少なく殆どが大気中で燃え尽きてしまいます。大気の外ではかなりの数になると思われますが、宇宙は広大ですから、宇宙でぶつかる確率が極めて小さいということです。自然の宇宙塵に衝突されたら、本当に運が悪かったということです。

人工物のスペース・デブリは宇宙塵に比べたら微々たるものと思われていたのですが、人工衛星と同じで地球の周りを何時までも回っていることが厄介なのです。

最初はスペース・シャトルの窓ガラスに小さなひびが入ったことで判りました。ひびを調べてみますと、塗料の微粒子が付着していたのです。

その後、スペース・シャトルで打ち上げ損なった人工衛星で半年間低軌道に漂っていた衛星を回収したことがあります。この衛星は周囲に太陽電池を張った円筒型のスピン衛星でしたが、表面に小さく針で突いたような穴が幾つも開いていました。

スペース・シャトルでLED Fという長期間宇宙に放置して回収する大型の宇宙機を上げたことがあります。半年間の予定が1年半ぐらいになって回収しますと、表面には数え切れない程の微

細な衝突跡がありました。

人工衛星は何れも秒速8 Km前後の速度で地球を回っていますが、デブリが衝突するときは色々な方向からぶつかりますので、相対速度は最大で秒速15 Km程度でぶつかるものもあります。このため、国際宇宙ステーションでは表面にデブリ・シールドが取り付けであります。

スペース・デブリの絵は見たことがある方も多いと思います。最初に警告したのがESAでしたので、ESAの発表した絵が多いようです。

ただ、この図ほど尺度がむちゃくちゃなのは他に無いのではと思います。地球の大きさに対してデブリが大き過ぎます。

#### 4. 宇宙は無重力か？

宇宙は無重力とよく言われます。しかし、正確には宇宙には無重力であるところはどこにもありません。地球や太陽などの質量から宇宙には至る所で万有引力が作用しているからです。

ところが、宇宙はその殆どの空間で真空ですので一切の抵抗が働かない状態にあります。地球の重力を受けた衛星は常に重力により落ちていくのです。一切の重力に逆らわない状態にいると、それは無重力状態と同じなのです。そこで、「宇宙では無重力状態である」、または「宇宙は無重量である」、というのが正しい表現です。

無重量であることは宇宙機器に対しては殆ど障害がありませんが、人間に対しては長期間無重力状態にありますと、悪影響があります。

骨が弱くなること、筋肉が落ちることです。このため国際宇宙ステーションの宇宙飛行士は1日2時間もの運動がスケジュールに組み込まれています。

## 5. 宇宙線

宇宙にはエネルギーレベルの高い銀河宇宙線と太陽の黒点爆発時に多く出るアルファ宇宙線が飛び交っています。地球はこれらの宇宙線も大気で守られています。国際宇宙ステーションで働く宇宙飛行士は影響を受けます。太陽の黒点爆発からの宇宙線は予測できますので、宇宙警報がだされます。すると宇宙飛行士は影響を受けにくい場所に移動し、直接に放射線を受けることのないよう非難します。

銀河宇宙線は予測できませんが、数は少ないようです。宇宙飛行士の中には網膜に光の筋を感じたことがあるという人もいます。

むしろ、銀河宇宙線は人間よりも高集積度の集積回路に致命的な影響を与えます。このため、地上のパソコンで使っているペンチム4の最新CPUはまず使えません。

地球の気圧は地球規模で見ればりんごの皮より薄いものですが、

宇宙放射線からは守ってくれています。

赤道上で高度1000Km付近にはバン・アレン帯という強い放射能のある領域があります。この高度では長時間滞在しないように軌道を選ぶ必要があります。

## 6. 磁場

地球は大きな磁石になっていますから、地球周辺の宇宙には磁場があります。人間には悪影響がありませんが、大きな衛星では太陽電池の発生する電流が磁界を生ずると、衛星全体の姿勢を狂わすことがありますので、回路設計に注意が必要です。

逆に、小さな衛星では磁気トルカという装置を積んで、電流を流すだけで姿勢を制御することが出来るものがあります。

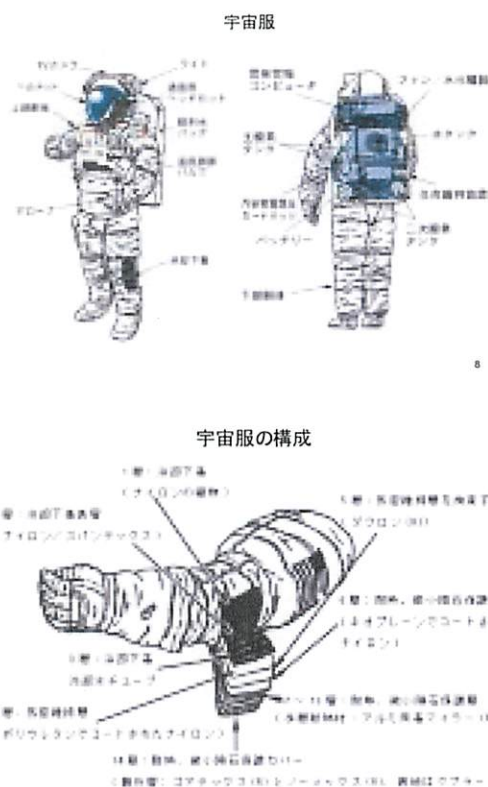
これは地球の磁場を上手く利用したものです。

## 7. 宇宙服

宇宙に出て人間が活動するにはどうしても宇宙服が必要です。宇宙服は宇宙環境から人間を守ると同時に動き易くなくてはなりません。宇宙服の設計はそれ自身で小さな宇宙機ほど考えなくてはならない要素があります。

強度的に1気圧の差圧に耐える宇宙服を作ったとすると、動きの取れないほどのものになってしまいます。そのため、現在は内圧を0.3気圧に抑えています。

内圧が小さいと人間は息が苦しくなりますので、純酸素を満たします。



1 気圧の空気を吸っている状態から、急に0.3気圧の純酸素を吸う状態に移行しますと、血管に解けていた窒素が体のあちこちで気体になり、所謂、潜水病になってしまいます。そのため、プリブレスといって何時間もかけて圧力を下げます。

宇宙服は、デブリ・シールドも必要ですし、冷却用に水も循環させなくてはなりません。

現在NASAで使っている宇宙服はスペース・シャトル用に開発されたもので、第4世代の宇宙服です。

JAXAでも宇宙服の研究が始まっています。

おわりに

20年以上前になりますが、当時のNASA副長官ハンス・マークが講演で力強く言ったのが印象に残っています。「宇宙は厳しい環境だが穏やかである。人間の知力はこの厳しい宇宙環境を十分克服できる。」

当時はまだ宇宙線とデブリは問題視されていませんでした。さて、高温では100度Cの塩水にも耐え、低温ではマイナス250度Cの液化水素にも耐え、放射線にも耐え、そして、真空にも耐える生物が地球上にいるのです。

このような極端な環境では流石に動きまわることはできませんが、環境が戻れば再び動き出すのです。それはくまむしといえます。体の表面がクチクラ（キューティクル）で出来ているからです。

キューティクルというのは人間の髪の毛の外皮です。髪の毛は風呂場のシンクで掃除をしなければ何時までも残っていますし、エジプトのミイラにも残っていることに思い当たります。

(平成20年6月3日)

くまむし

